

Научная статья

УДК 669.295

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ, ФАЗОВОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ ПРИ МЯГКОЙ ЗАКАЛКЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА VST5553

**Павел Сергеевич Радаев, Мария Константиновна Максимова,
Анатолий Геннадьевич Илларионов¹**

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

¹ *a.g.illarionov@urfu.ru*

Научный руководитель — доц., канд. техн. наук А. Г. Илларионов

Аннотация. Методами оптической, растровой, просвечивающей, ориентационной электронной микроскопии, рентгенографии, МРСА, микроинден-тирования рассмотрены особенности формирования структурно-фазового состояния, текстуры и свойств (твердости, модуля упругости) в высокопрочном титановом сплаве VST5553 после мягкой закалки на воздухе при температуре нагрева в β - и $(\alpha+\beta)$ -областях.

Ключевые слова: титановый сплав VST5553, закалка, структура, фазовый состав, твердость, контактный модуль упругости

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки (№ 0836–2020–0020).

Original article

CHANGE IN STRUCTURE, PHASE COMPOSITION, AND PROPERTIES DURING SOFT HARDENING OF TITANIUM ALLOY VST5553

**Pavel Sergeyevich Radaev, Maria Konstantinovna Maksimova,
Anatoly Gennadievich Illarionov¹**

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

¹ *a.g.illarionov@urfu.ru*

Scientific supervisor — associate professor, candidate of technical sciences
A. G. Illarionov

Abstract. The features of the formation of the structural-phase state, texture and properties (hardness, contact elastic modulus) in the high-strength titanium alloy VST5553 after soft quenching in air with heating temperatures in β - and $(\alpha+\beta)$ -areas.

Keywords: titanium alloy VST5553, quenching, structure, phase composition, hardness, contact elastic modulus

Funding: the work was carried out within the framework of the state task of the Ministry of Education and Science (№ 0836—2020—0020).

Деформируемый сплав VST5553 (Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr) используется для ответственных крупногабаритных конструкций в авиации, например шасси самолета [1]. Комплекс свойств сплава окончательно формируется в ходе упрочняющей термической обработки, при которой нагрев под закалку может проводиться как в однофазную (β), так и двухфазную ($\alpha+\beta$) области [1; 2]. В связи с этим в работе изучена эволюция структуры, текстуры и их взаимосвязь с твердостью, модулем упругости в деформированной цилиндрической заготовке из сплава VST5553, закаленной на воздухе при температуре нагрева $T_{\text{нп}} \pm 30^\circ\text{C}$, где $T_{\text{нп}}$ — температура полного полиморфного $\alpha+\beta \rightarrow \beta$ -превращения сплава.

Анализ структуры показал, что после закалки из β -области с $T_{\text{нп}} + 30^\circ\text{C}$ в сплаве наблюдается однофазное β -состояние с пониженной плотностью дислокаций в виде отдельных скоплений в рекристаллизованных зернах со средним β -размером (около 310 мкм). Закалка из $(\alpha+\beta)$ -области с $T_{\text{нп}} - 30^\circ\text{C}$ способствует развитию процессов полигонизации в нерекристаллизованной β -матрице с образованием субзерен, размер которых ограничен и составляет порядка 10 мкм из-за присутствия на субграницах равноосных первичных α -частиц размером от 1 до 2,5 мкм.

В соответствии с данными РСФА появление в структуре после закалки с $T_{\text{нп}} - 30^\circ\text{C}$ первичной α -фазы, обедненной по данным локального химического анализа β -стабилизаторами (Mo, V, Cr), приводит к снижению периода решетки β -фазы до 0,3235 нм по сравнению с 0,3237 нм после закалки с $T_{\text{нп}} + 30^\circ\text{C}$.

Анализ данных ориентационной микроскопии показал, что развитие в β -матрице рекристаллизационных процессов в сплаве VST5553, закаленном с $T_{\text{нп}} + 30^\circ\text{C}$, по сравнению с протеканием в ней полигонизации после закалки с $T_{\text{нп}} - 30^\circ\text{C}$, способствует трансформации

текстуры β -твердого раствора, проявляющейся в ослаблении компоненты $\langle 001 \rangle$ и усилении компоненты $\langle 111 \rangle$ в радиальном направлении заготовки, и усилении компоненты $\langle 110 \rangle$ вдоль оси заготовки.

Фиксируемые изменения структуры, текстуры и фазового состава при повышении температуры мягкой закалки с $T_{\text{пп}} - 30^\circ\text{C}$ до $T_{\text{пп}} + 30^\circ\text{C}$ приводят к небольшому снижению твердости с 330 до 325 ед. HV и практически не сказываются на величине контактного модуля упругости, который за счет преобладания в структуре закаленных сплавов низкомодульного β -твердого раствора имеет относительно невысокий уровень (83 ГПа).

Полученные результаты могут быть полезны при разработке режимов высокотемпературной обработки деформируемых полуфабрикатов из высокопрочного титанового сплава VST5553.

Список источников

1. State of the Art in Beta Titanium Alloys for Airframe Applications / J. D. Cotton [et al.] // JOM. 2015. V. 67. № 6. P. 1281–1303.
2. Влияние параметров закалки на стабильность β -твердого раствора в высокопрочном титановом сплаве / А. Г. Илларионов [и др.] // ФММ. 2019. Т. 120. № 5. С. 518–525.

References

1. State of the Art in Beta Titanium Alloys for Airframe Applications / J. D. Cotton [et al.] // JOM. 2015. V. 67. № 6. P. 1281–1303.
2. Effect of hardening parameters on stability β -solid solution in a high-strength titanium / A. G. Illarionov [et al.] // FMM. 2019. V. 120. № 5. P. 518–525.